

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kolom

Kolom merupakan elemen struktur yang menahan gaya aksial dan momen lentur.

2.1.1. Pengertian dan prinsip dasar kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuhnya) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya. (Nawy, 1990).

Jika kolom pendek sengkang persegi dibebani sampai runtuh, sebagian dari beton pembungkus akan gompal dan, kecuali jika sengkang dipasang sangat berdekatan, tulangan longitudinal akan menekuk segera setelah sokongan lateralnya (beton pembungkus) hilang. Keruntuhan seperti ini seringkali dapat terjadi tiba-tiba, dan lebih sering terjadi dalam struktur yang menerima beban gempa (McCormac, 2004).

Apabila beban pada kolom bertambah, maka retak akan banyak terjadi di seluruh tinggi kolom pada lokasi-lokasi tulangan sengkang. Dalam keadaan batas

keruntuhan (limit state of failure), selimut beton di luar sengkang (pada kolom bersengkang) atau di luar spiral (pada kolom berspiral) akan lepas sehingga tulangan memanjangnya akan mulai kelihatan. Apabila bebannya terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan tekuk local (local buckling) tulangan memanjang pada panjang tak bertumpu sengkang atau spiral. Dapat dikatakan dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang (Nawy, 1990).

2.1.2. Kolom beban eksentris

Apabila beban tekan P berimpit dengan sumbu memanjang kolom, berarti tanpa eksentrisitas, perhitungan teoritis menghasilkan tegangan tekan merata pada permukaan penampang melintangnya. Sedangkan apabila gaya tekan tersebut bekerja di suatu tempat berjarak e terhadap sumbu memanjang, kolom cenderung melentur seiring dengan timbulnya momen $M = P(e)$. Jarak e dinamakan eksentrisitas gaya terhadap sumbu kolom. Tidak sama halnya seperti pada kejadian beban tanpa eksentrisitas, tegangan tekan yang terjadi tidak merata pada seluruh permukaan penampang tetapi akan timbul lebih besar pada suatu sisi terhadap sisi lainnya (Dipohusodo, 1994).

Kolom akan melentur akibat momen, dan momen tersebut akan cenderung mengakibatkan tekanan pada satu sisi kolom dan tarikan pada sisi lainnya. Gambar 2.2 memperlihatkan kolom yang memikul beban P_n . Dalam beberapa bagian dari gambar beban ditempatkan pada eksentrisitas yang semakin besar (sehingga menghasilkan momen yang lebih besar) sampai akhirnya dalam bagian

(f) kolom menerima momen lentur yang besar sehingga pengaruh beban aksial diabaikan. Setiap kasus dari keenam kasus tersebut dibahas secara singkat dalam paragraf berikut dengan huruf (a) sampai dengan (f) menunjuk pada huruf yang sama seperti pada gambar. Keruntuhan kolom dianggap terjadi jika regangan beton tekan mencapai 0,003 atau jika tegangan tarik baja mencapai f_y (McCormac, 2004).

(a) Beban aksial besar dan momen diabaikan. Untuk situasi ini, keruntuhan akan terjadi oleh hancurnya beton, dengan semua tulangan dalam kolom mencapai tegangan leleh dalam tekanan.

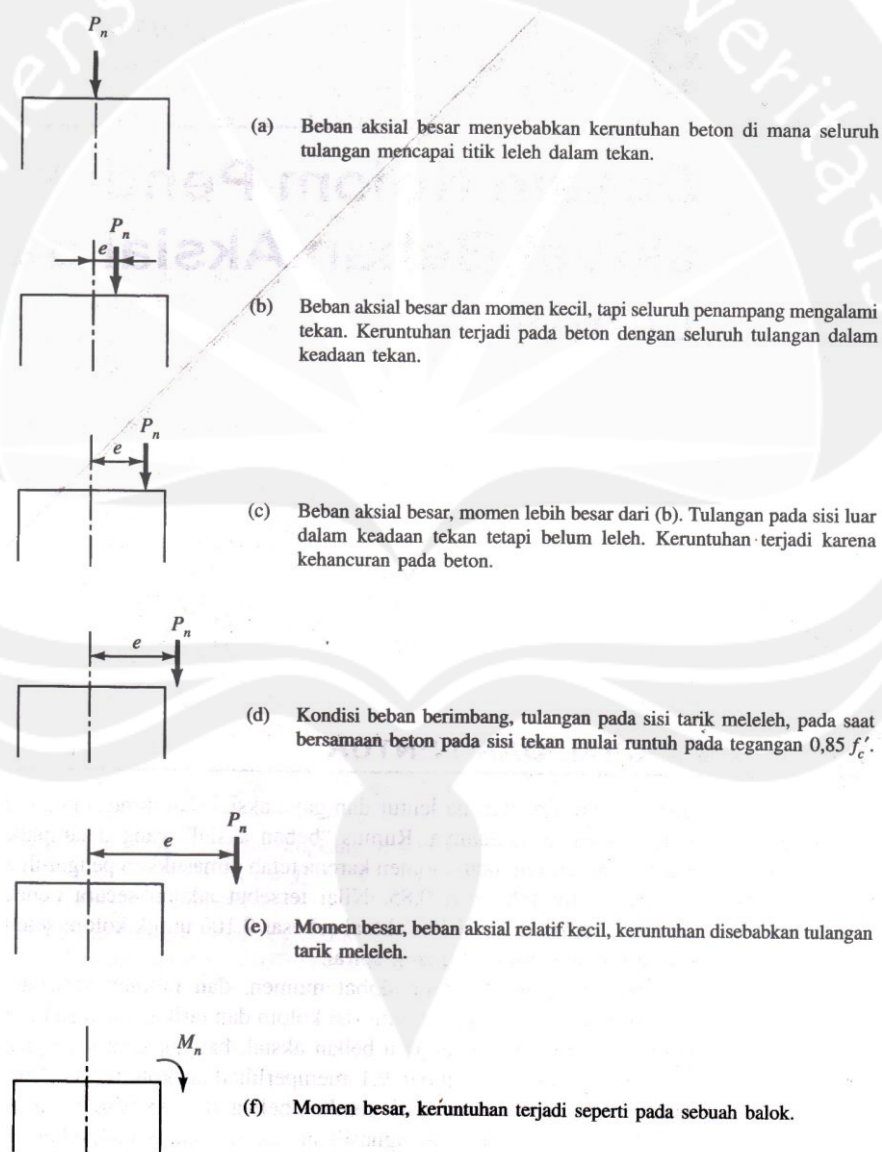
(b) Beban aksial besar dan momen kecil sehingga seluruh penampang tertekan. Jika suatu kolom menerima momen lentur kecil (yaitu, jika eksentrisitas kecil), seluruh kolom akan tertekan tetapi tekanan di satu sisi akan lebih besar dari sisi lainnya. Tegangan tekan maksimum dalam kolom akan sebesar $0,85 f_c'$ dan keruntuhan akan terjadi oleh runtuhnya beton dan semua tulangan tertekan.

(c) Eksentrisitas lebih besar dari kasus (b) sehingga tarik terjadi pada satu sisi kolom. Jika eksentrisitas ditingkatkan dari kasus sebelumnya, gaya tarik akan mulai terjadi pada satu sisi kolom dan baja tulangan pada sisi tersebut akan menerima gaya tarik yang lebih kecil dari tegangan leleh. Pada sisi yang lain tulangan akan mendapat gaya tekan. Keruntuhan akan terjadi karena hancurnya beton pada sisi yang tertekan.

(d) Kondisi beban berimbang. Saat eksentrisitas terus ditambah, akan tercapai suatu kondisi dimana tulangan pada sisi tarik akan mencapai leleh dan pada

saat bersamaan beton pada sisi lainnya akan mencapai tekan maksimum $0,85 f_c'$. Situasi ini disebut kondisi pada beban berimbang.

- (e) Momen besar, beban aksial relatif kecil. Jika eksentrisitas terus ditambah, keruntuhan terjadi akibat tulangan meleleh sebelum hancurnya beton.
- (f) Momen lentur besar. Pada kondisi ini, keruntuhan terjadi seperti halnya pada sebuah balok.



Gambar 2.1 Kolom Menerima Beban dengan Eksentrisitas yang Terus Diperbesar (McCormac, 2004)

2.1.3. Kolom pendek

Keruntuhan kolom dapat terjadi apabila tulangan bajanya leleh karena tarik, atau terjadinya kehancuran pada beton yang tertekan. Selain itu dapat pula kolom mengalami keruntuhan apabila terjadi kehilangan stabilitas lateral, yaitu terjadi tekuk. Apabila kolom runtuh karena kegagalan materialnya (yaitu lelehnya baja atau hancurnya beton), kolom diklasifikasikan sebagai kolom pendek (*short column*). Apabila panjang kolom bertambah, kemungkinan kolom runtuh karena tekuk semakin besar. Dengan demikian ada suatu transisi dari kolom pendek (runtuh karena material) ke kolom panjang (runtuh karena tekuk) yang terdefinisi dengan perbandingan panjang efektif kl_u dengan jari-jari girasi r . Tinggi l_u adalah panjang tak tertumpu (unsupported length) kolom, dan k adalah faktor yang bergantung pada kondisi ujung kolom, dan kondisi adakah penahan deformasi lateral atau tidak (Nawy, 1990).

2.1.4. Keruntuhan tekan dan keruntuhan tarik

Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu:

1. Keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik.
2. Keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan

Kondisi *balanced* terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan. Apabila P_n adalah beban aksial dan P_{nb} adalah beban aksial pada kondisi *balanced*, maka:

$$P_n < P_{nb} \quad \text{Keruntuhan tarik}$$

$P_n = P_{nb}$ Keruntuhan *balanced*

$P_n > P_{nb}$ Keruntuhan tekan

Dalam segala hal, keserasian regangan (strain compatibility) harus tetap terpenuhi (Nawy, 1990).

1. Keruntuhan *balanced* pada penampang kolom persegi

Jika eksentrisitas semakin kecil, maka akan ada suatu transisi keruntuhan tarik utama ke keruntuhan tekan utama. Kondisi keruntuhan *balanced* tercapai apabila tulangan tarik mengalami regangan lelehnya E_y dan pada saat itu pula beton mengalami regangan batasnya dan mulai hancur.

2. Keruntuhan tarik pada penampang kolom persegi

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Peralihan dari keruntuhan tekan ke keruntuhan tarik terjadi pada $e = e_b$. Jika e lebih besar dari e_b atau $P_n < P_{nb}$, maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali oleh lelehnya tulangan tarik.

3. Keruntuhan tekan pada penampang kolom persegi

Agar dapat terjadi keruntuhan yang diawali dengan hancurnya beton, eksentrisitas e gaya normal harus lebih kecil daripada eksentrisitas *balanced* e_b dan tegangan pada tulangan tariknya lebih kecil daripada tegangan leleh, yaitu $f_s < f_y$.

2.2. Lontar

Lontar atau Siwalan (*Borassus flabellifer* Linn.) adalah jenis palma yang bersifat serba guna. Berdasarkan klasifikasi dan tata nama, pohon lontar termasuk dalam:

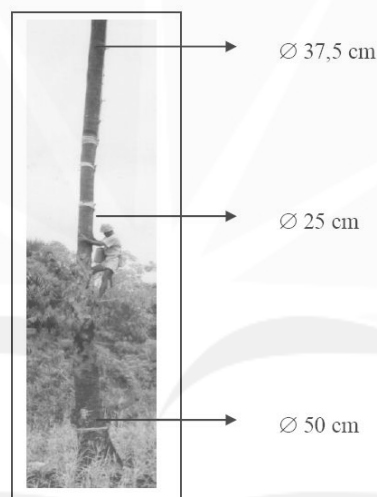
Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Klas	: Liliopsida
Ordo	: Arecales
Famili	: Arecaceae
Genus	: <i>Borassus</i>
Spesies	: <i>Borassus flabellifer</i> L.

Di Indonesia dikenal dengan nama *Lontar*, *Pohon Siwalan* (Banj.), *P. Tuwak* (Tim.), *Lonta* (Minangkabau), *Ental*, *Etal*, *Lontar*, *Tal* (Jawa), *Lontoir* (Ambon), *Manggita*, *Manggitu* (Sumba) (Nuroniah dkk, 2010).

2.2.1. Ciri-ciri fisik batang lontar

Lontar memiliki ciri-ciri batang yang pada umumnya bengkok (melengkung) dan hanya sedikit yang berbatang lurus. Batang lontar tidak ada yang selindris, karena pada bagian pangkal berdiameter lebih besar dari bagian tengah dan ujung. Sebaliknya diameter bagian tengah lebih kecil dari diameter ujung. Perbandingan antara diameter bagian pangkal, tengah dan ujung batang lontar adalah sekitar 4 : 2 : 3. Adapun pada penampang lintang batang lontar terdiri dari tiga bagian, yaitu kulit setebal 1-3 mm berwarna hitam dimana terdapat

cekungan bekas pelepah daun, perifer yang berwarna hitam dan keras dengan ketebalan sekitar 1 cm dan jaringan dalam (sentral) yang berwarna putih dan lunak. Antara bagian kulit dan perifer terdapat korteks dengan ketebalan 1 – 10 mm. Jaringan sentral mengandung pati dan air yang tinggi, sehingga jaringan ini sangat rentan terhadap serangan jamur terutama jamur pewarna (blue stain). Sebaliknya bila kayu lontar sudah kering, bagian jaringan sentral sangat rentan terhadap serangan bubuk kayu kering. Bagian batang lontar yang keras dan dapat dimanfaatkan hanya sekitar 30% (Lempang dkk, 2009)



Gambar 2.2. Proporsi Diameter Batang Lontar (Lempang dkk, 2009)

2.2.2. Struktur anatomi batang lontar

Secara anatomi, struktur batang lontar terdiri dari jaringan parenkim dan berkas pembuluh. Jaringan parenkim terdiri dari sel-sel berdinding tipis dan berbentuk agak bundar serta kelihatan sama dari berbagai arah. Berkas pembuluh tampak pada bidang longitudinal seperti serat kasar yang membentang dari bawah ke atas.

Dimensi serat antar daerah asal pohon lontar berbeda satu dengan yang lain. Demikian juga dimensi serat lontar berbeda antara bagian batang dalam pohon. Serat pada bagian tengah batang memiliki panjang, diameter dan tebal dinding yang relatif lebih besar dari serat yang terdapat pada bagian pangkal maupun ujung batang. Panjang serat lontar berkisar antara 1645 mikron sampai 2483 mikron. Berdasarkan klasifikasi International Association of Wood Anatomist, nilai ini termasuk kelas agak panjang dan sangat panjang. Diameter serat lontar berkisar antara 49,4 mikron sampai 73,4 mikron. Tebal dinding serat lontar bervariasi cukup besar yaitu antara 20,8 mikron sampai 32,3 mikron.

Pada penampang lintang, berkas pembuluh tampak seperti bintik-bintik yang tersebar diantara jaringan parenkim, berkerumun rapat di bagian perifer dengan frekuensi 70-150 berkas per cm^2 dan berangsur menjarang ke arah bagian sentral dengan frekuensi 4 – 5 berkas per cm^2 . Frekuensi jumlah berkas pembuluh yang rendah merupakan alasan mengapa bagian sentral batang lontar bersifat lunak (Lempang dkk, 2009).

2.2.3. Sifat fisis batang lontar

Batang lontar segar (basah) mengandung kadar air 43,10% dan kadar airnya pada keadaan kering udara 15,12%. Berat jenis nominal basah 0,76, berat jenis kering udara 0,90 dan kerapatan 0,82 gr/cm^3 . Bila digolongkan berdasarkan nilai berat jenis kering udara lontar menurut klasifikasi kayu oleh Dumanauw, maka lontar tergolong kayu berat (Berat jenis 0,70 – 0,90). Selain itu, lontar tergolong kayu berat dengan penyusutan dari keadaan basah ke kering udara

0,84% (radial) dan 0,86% (tangensial). Penyusutan dari basah ke kering tanur 3,34% (radial) dan 3,54% (tangensial). Bila dibandingkan dengan penyusutan jenis-jenis kayu dari pohon daun lebar yang mempunyai berat jenis yang sama dengan lontar, maka penyusutan lontar tergolong rendah. Di samping itu penyusutan batang lontar pada arah radial dan arah tangensial relatif sama. Perbandingan penyusutan tangensial dan radial (T/R) lontar sebesar 1.06 menunjukkan bahwa lontar memiliki kestabilan dimensi yang tinggi. Keuntungan dari kayu yang memiliki penyusutan dengan nilai T/R mendekati 1,00 adalah resiko cacat rendah akibat retak atau pecah (Lempang dkk, 2009).

Tabel 2.1 Hasil Uji BNJ (beda nyata jujur) Sifat Fisis Lontar pada Berbagai Ketinggian dalam Batang
(Sumber: Lempang dkk, 2009)

Sifat fisis (Physical properties)	Satuan (Unit)	Ketinggian dalam batang (Height position in the stem)		
		Pangkal (Bottom)	Tengah (Middle)	Ujung (Top)
Berat jenis nominal basah (Nominal green specific gravity)	-	0,83	0,79	0,66
Berat jenis kering udara (Air dry specific gravity)	-	0,96	0,94	0,79
Kerapatan (Density)	gr/cm ³	0,89	0,86	0,72
		Ujung (Top)	Pangkal (Bottom)	Tengah (Middle)
Kadar air basah (Green moisture content)	%	55,70	37,97	35,62
Penyusutan dari keadaan basah ke kering udara pada arah radial (Shrinkage from green to air dry in the radial direction)	%	1,26	0,64	0,2
		Ujung (Top)	Tengah (Middle)	Pangkal (Bottom)
Penyusutan dari keadaan basah ke kering udara pada arah tangensial (Shrinkage from green to air dry in the tangential direction)	%	1,33	0,65	0,59
Penyusutan dari keadaan basah ke kering tanur pada arah radial (Shrinkage from green to oven dry in the radial direction)	%	3,99	3,37	2,65
Penyusutan dari keadaan basah ke kering tanur pada arah tangensial (Shrinkage from green to oven dry in the tangential direction)	%	4,11	3,53	2,97

Keterangan : Nilai-nilai pada baris yang diberi garis bawah berbeda tidak nyata.

2.2.4. Sifat mekanis batang lontar

Lempang dkk (2009) juga mengemukakan bahwa batang lontar mempunyai nilai keteguhan lentur pada batas proporsi $903,06 \text{ kg/cm}^2$, keteguhan lentur pada batas patah $1.020,10 \text{ kg/cm}^2$, modulus Young $13.200,92 \text{ kg/cm}^2$, keteguhan tekan sejajar serat $506,56 \text{ kg/cm}^2$, keteguhan tekan tegak lurus serat $229,12 \text{ kg/cm}^2$, keteguhan geser sejajar serat $94,05 \text{ kg/cm}^2$, dan kekerasan sisi $498,37 \text{ kg/cm}^2$.

Tabel 2.2. Sifat Mekanis Lontar pada Berbagai Ketinggian dalam Batang
(Sumber: Lempang dkk, 2009)

Sifat Mekanis (Mechanical properties)	Satuan (Unit)	Ketinggian dalam batang (Height position in the stem)		
		Pangkal (Bottom)	Tengah (Middle)	Ujung (Top)
Keteguhan lentur pada batas proporsi (Bending strength at proportional limit)	kg/cm ²	<u>1.040,52</u>	<u>947,08</u>	721,58
Keteguhan lentur pada batas patah (Bending strength at failure)	kg/cm ²	<u>1.145,48</u>	<u>1.021,26</u>	893,55
Modulus Youngs (Young's modulus)	kg/cm ²	<u>14.249,12</u>	<u>14.165,68</u>	11.181,95
Keteguhan tekan sejajar serat (Compression strength parallel to the grain)	kg/cm ²	<u>580,76</u>	<u>566,54</u>	372,70
Keteguhan tekan tegak lurus serat (Compression strength perpendicular to the grain)	kg/cm ²	<u>254,92</u>	<u>247,71</u>	184,74
Keteguhan geser sejajar serat (Shear strength parallel to the grain)	kg/cm ²	<u>111,13</u>	<u>95,44</u>	75,59
Kekerasan sisi (Side hardness)	kg/cm ²	<u>547,40</u>	<u>518,20</u>	429,50

Keterangan : Nilai-nilai pada baris yang diberi garis bawah berbeda tidak nyata.

Selain itu dapat diketahui bahwa kekuatan lontar pada bagian pangkal dan tengah batang tergolong kelas kuat II, sedangkan pada bagian ujung batang tergolong kelas kuat III. Secara umum dapat disebutkan bahwa lontar tergolong kayu kelas kuat II-III.

Tabel 2.3. Klasifikasi Kekuatan Batang Lontar pada Berbagai Ketinggian dalam Batang Pohon
(Sumber: Lempang dkk, 2009)

No.	Sifat batang lontar (<i>Lontar stem properties</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Ketinggian dalam batang (<i>Height position in the stem</i>)			Rata-rata (<i>Average</i>)
			Pangkal (<i>Bottom</i>)	Tengah (<i>Middle</i>)	Ujung (<i>Top</i>)	
1.	Berat jenis kering udara (<i>Air dry specific gravity</i>)	-	0,96	0,94	0,79	0,90
2.	Keteguhan lentur pada batas patah (<i>Bending strength at failure</i>)	kg/cm ²	1.145,48	1.021,26	893,55	1.020,10
3.	Keteguhan tekan sejajar serat (<i>Compression strength parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	580,76	556,54	372,70	506,66
	Kelas kuat (<i>Strength class</i>)	-	II	II	III	II

2.2.5. Kegunaan batang lontar

Kasau palmyra (lontar) dari rumah Belanda yang sudah tua di Srilanka semakin kuat setelah bagian-bagian lain dari rumah-rumah itu mulai rusak dan harus diperbaiki. Selain itu kayu keras yang berwarna gelap dari pohon yang tua juga pernah dipakai sebagai kayu khusus untuk membuat tangkai payung, tongkat, mistar dan kotak. Dikemukakan juga bahwa kayu lontar juga dibuat untuk palung, pipa air, saluran dan alat pengairan lahan. Batang lontar yang besar yang dilubangi, dipasang di dalam sumur untuk menahan dindingnya dan agar runtuhannya tidak jatuh ke dalam sumur (Lempang dkk, 2009).